

PREGUNTAS DE LOS ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA ANTE DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES

TORRES, TARCILLO¹; DUQUE, JOHANNA¹; ISHIWA, KOTO²; SÁNCHEZ, GLORIA³; SOLAZ-PORTOLÉS, JUAN JOSÉ³ y SANJOSÉ, VICENTE⁴

¹ Estudiante de doctorado en la Universitat de València.

² Estudiante de doctorado en la Universidad de Alcalá de Henares.

³ Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.

⁴ Instituto Universitario-Polibienestar, Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.

tartova@alumni.uv.es

kellyjohannad@gmail.com

ishiwakoto@hotmail.com

gloria.sanchez@uv.es

joan.solaz@uv.es

vicente.sanjose@uv.es

Resumen. Las preguntas forman parte esencial del trabajo que desarrollan los científicos para construir nuevo conocimiento. Sin embargo, los alumnos formulan un número muy escaso de preguntas en las situaciones usuales de aula. En este trabajo se realiza una revisión de las investigaciones realizadas sobre génesis de preguntas y se describen tres estudios empíricos realizados con estudiantes de diferentes niveles educativos ante dispositivos experimentales. Los objetivos fueron: 1) Estimular y analizar las preguntas de los estudiantes cuando intentan comprender los dispositivos; 2) Contrastar la idea de que la mayoría de preguntas destinadas a obtener información tienen su origen en inferencias fallidas; 3) Estudiar la influencia del nivel de conocimientos sobre las preguntas formuladas. El procedimiento produjo una cantidad aceptable de preguntas para obtener información, motivadas por conciencia de incompreensión de los estudiantes. Los resultados obtenidos apoyan la taxonomía de preguntas propuestas y muestran que los estudiantes de mayor conocimiento formulan más preguntas destinadas a construir un modelo científico del funcionamiento de los dispositivos. Los resultados se replican de forma consistente.

Palabras clave. Preguntas, aprendizaje de las ciencias, dispositivos experimentales, educación secundaria.

Secondary Education Students' Questions on Experimental Devices

Summary. Questions are essential in the construction of new knowledge by scientists. Nevertheless, students ask very few questions in usual classroom situations. In this paper we review the research work on question generation and describe three empirical studies conducted with students of different educational levels facing experimental devices. The aims were: 1) To stimulate and to analyse the questions asked by students when trying to understand the devices; 2) To probe the idea that most of the information seeking questions are originated by failed inferences; 3) To study the influence of the level of students' knowledge on the questions asked. The procedure produced a significant quantity of information seeking questions, caused by the students' awareness of misunderstanding. The results obtained support the taxonomy of questions proposed and show that higher knowledge students ask significantly more questions addressed to the scientific model construction than lower knowledge students. The results are replicated consistently.

Keywords. Questions, Science learning, experimental devices, secondary education.

INTRODUCCIÓN

Hay una especie de «consenso didáctico» entre profesores sobre la importancia que tienen las preguntas de los estudiantes para el aprendizaje profundo de los contenidos. Se aduce que las preguntas promueven el aprendizaje activo y la construcción del conocimiento, tanto a nivel personal como social (Flammer, 1981; Dillon, 1988; Van der Meij, 1994; Roca, 2009): «*El verdadero aprendizaje se caracteriza no tanto por responder preguntas como por hacerlas*» (UNESCO 1980, citado por Chin, Brown y Bruce, 2002). De hecho, el conocimiento científico se origina a partir de «buenas preguntas» formuladas con precisión y originalidad.

Muchas dificultades de los estudiantes en el estudio de las ciencias proceden de la falta de control de su propia comprensión (Campanario y Otero, 2000). La formulación de preguntas puede ayudar a estos estudiantes: «*(...) la formulación de preguntas representa uno de los primeros medios mediante el cual los individuos son capaces de avanzar en su propia comprensión y, como tal, representa una poderosa actividad metacognitiva*» (Gavelek y Raphael, 1985, p. 114). En efecto, varios estudios demuestran que si se entrena a los estudiantes para que hagan preguntas, se mejora la comprensión, el aprendizaje y la memoria (Craig et al., 2000; Ciardello, 1998; Rosenshine, Meister y Chapman, 1996; King, 1994, 1992, 1989; Palincsar y Brown, 1984; Singer y Donlan, 1982).

¿Qué clase de preguntas conviene estimular en los estudiantes? Graesser, McMahon y Johnson (1994) diferencian 4 clases de preguntas. Las dirigidas a: *a)* solventar déficits de conocimiento; *b)* examinar y comprobar el conocimiento común; *c)* coordinar acciones sociales; *d)* controlar la conversación y la atención. Aunque todas ellas juegan un papel importante en la vida diaria, desde el punto de vista del aprendizaje, el primer tipo de preguntas es el más interesante. Este tipo de preguntas, llamadas «preguntas que buscan información» (*information seeking questions*, ISQ), han sido escogidas por muchos autores como «prototípicas», «sinceras» o «genuinas» (Otero y Graesser, 2001; Van der Meij, 1994; Ram, 1991; Flammer, 1981; Berlyne y Frommer, 1966).

En el presente trabajo, y dentro del desarrollo de la investigación en este campo (puede encontrarse una revisión en Sanjosé, 2010), presentamos 3 estudios empíricos con estudiantes de secundaria ante dispositivos científicos como los que se encuentran en los laboratorios escolares y los museos de ciencia. En estos estudios se plantearon tres objetivos:

- 1) Estimular y analizar las preguntas de los estudiantes cuando intentan comprender los dispositivos experimentales. De este modo, podremos abordar los otros objetivos.
- 2) Contrastar si esas preguntas proceden, en su mayoría, de inferencias intentadas y no logradas durante la construcción de una representación mental de la información.
- 3) Estudiar cómo cambian las preguntas de los estudiantes a medida que adquieren conocimiento científico con la instrucción.

Dificultades para formular preguntas en las aulas

A pesar del efecto beneficioso de realizar preguntas, los estudiantes formulan muy pocas preguntas en situaciones normales de clase. Un alumno típico necesita 6-7 horas de clase para formular una pregunta, según un estudio realizado por Graesser y Person (1994), desde Jardín de Infancia hasta 12º grado. Otros estudios anteriores obtuvieron también valores muy pobres (Dillon, 1988; Good et al., 1987).

Sin embargo, en situaciones en las que se estimula a los estudiantes a realizar preguntas, se obtienen resultados muy diferentes. Graesser y Person (1994) encontraron 26,5 preguntas por estudiante y hora en tutorías individuales, aunque muy pocas de ellas reflejaban un intento de comprensión «profunda» del contenido. Costa y otros (2000) encontraron promedios entre 3 y 4 preguntas por alumno en un estudio sobre preguntas formuladas ante un texto de ciencias a nivel escolar.

Es decir, los alumnos son capaces de hacer preguntas, pero no las formulan en situaciones de clase normales. ¿Por qué sucede esto? Una primera razón es que hacer buenas preguntas no parece estar bien recompensado por los profesores. A pesar de que las preguntas de los profesores son una de las estrategias didácticas más utilizadas (Bellack et al., 1966; Durkin, 1978-1979; Raphael y Wonnacott, 1985; Dillon, 1988) sólo un porcentaje bajo de las preguntas de los profesores son preguntas «profundas» (Kerry, 1987; Dillon, 1988) dirigidas a partes importantes de los temas abordados (Alexander et al., 1994).

Un segundo factor explicativo se encuentra en los mecanismos metacognitivos y socioafectivos de la generación de preguntas. Una pregunta es un proceso que depende del control de la comprensión del sujeto y en varios estudios se ha encontrado niveles preocupantemente bajos de esta habilidad en alumnos de los últimos cursos de educación secundaria (Sanjosé, Fernández-Rivera y Vidal-Abarca, 2010; Otero y Campanario, 1990; Glenberg y Epstein, 1985; Baker, 1979; Marckman, 1979). Las variables socioafectivas influyen en la fase de edición social de las preguntas. Por ejemplo, Good y otros (1987) encontraron que la autoestima parece inhibir la expresión de las preguntas, en unos casos por miedo al ridículo (alumnos de rendimiento bajo) y en otros por miedo a no estar a la altura de las expectativas (alumnos de rendimiento muy alto).

Finalmente, en el sistema educativo están mucho más desarrollados los métodos para valorar la calidad de las respuestas que los métodos que valoran la calidad de las preguntas. No es necesario plantearse buenas preguntas para obtener calificaciones aceptables. Algunos estudios sobre evaluación muestran una relación baja-moderada entre calificaciones y las destrezas de control de la comprensión que originan las preguntas (Otero, Campanario y Hopkins, 1992; Campanario et al., 1994).

¿Cómo se genera una pregunta?

Los mecanismos psicológicos que motivan la formulación de determinadas preguntas no han sido aún bien estudiados y, por tanto, no es fácil diseñar estrategias didácticas para provocarlas.

En su análisis del proceso de generación de preguntas por estudiantes, Dillon (1990) indica que el estadio inicial consiste en un «estado de perplejidad». El estado de perplejidad se produce cuando la persona que intenta comprender la información encuentra algún fragmento que supone novedad, sorpresa o incongruencia con lo que se esperaba. En los tres casos se implica el conocimiento previo del sujeto y una «conciencia de incomprensión».

Varios autores han estudiado la influencia del conocimiento previo del sujeto sobre las preguntas que formula (Van der Meij, 1990; La France, 1992; Graesser y Olde, 2003). Dos hipótesis alternativas se han formulado (Otero y Graesser, 2001): *a*) déficit de conocimiento, es decir, se pregunta cuando hay carencia de conocimiento sobre algo y, *b*) conflicto cognitivo, que afirma que cuanto mayor es el conocimiento previo, mayor es la probabilidad de encontrar incompatibilidades o inconsistencias y de formular preguntas. Esta segunda hipótesis ha sido apoyada en varios trabajos como el de Miyake y Norman (1979), donde los novatos que leyeron un manual difícil hicieron menos preguntas que los expertos en el tema. También Graesser y Olde (2003) encontraron que quienes mejor comprendían el funcionamiento de un dispositivo formulaban mayor número de preguntas cuya respuesta permitiría reparar un dispositivo roto, que era la tarea solicitada.

La «conciencia de incomprensión» depende directamente del control de la comprensión del sujeto, el cual consta de dos fases diferenciadas: evaluación y regulación de la comprensión (Otero, 1996; Zabrocky y Ratner, 1986, 1989, 1992; Baker, 1985). La evaluación se refiere a la identificación de un problema en la comprensión de una información, mientras la regulación consiste en el conjunto de acciones que se desarrollan con el fin de solucionar el problema, una vez se ha detectado. Una de las acciones posibles es formular preguntas para obtener la información necesaria para salvar el problema de comprensión detectado. Naturalmente, la «conciencia de incomprensión» presupone un intento de comprensión por parte de la persona.

La comprensión consiste en la construcción de diferentes representaciones mentales por parte del sujeto a partir de una información suministrada. La incomprensión se define entonces como imposibilidad de construir representaciones mentales al nivel pretendido. Greeno (1989) y Gangoso (2004), tomando como base la teoría desarrollada por Kintsch y van Dijk (Kintsch, 1998; van Dijk y Kintsch, 1983; Kintsch y van Dijk, 1978) han propuesto la existencia de varios niveles de representación mental que se ponen en juego cuando se intenta comprender la ciencia. Entre ellos se encuentra el modelo de la situación (nivel ontológico concreto de objetos y eventos del mundo ordinario), el modelo científico (nivel abstracto) y el modelo simbólico o formalizado (lógico, matemático).

co). Dos procesos cognitivos aparecen cuando el sujeto intenta construir estas representaciones: 1) Activación de conocimiento previo; 2) Realización de inferencias para crear conocimiento no explicitado en la información suministrada.

Las inferencias como origen de las preguntas destinadas a obtener información

Las inferencias son el proceso cognitivo más importante que interviene en la comprensión, es decir, en el proceso de construcción de las representaciones mentales de alto nivel (Graesser y Zwaan, 1995). Esperamos que la mayoría de los problemas de incomprensión en ciencias procedan de los intentos fallidos de realizar inferencias para construir el modelo de la situación o el modelo científico. Muchas taxonomías sobre inferencias se han propuesto tomando como criterios aspectos como la cantidad de recursos cognitivos implicados, la fuente de información, el contexto, el locus, etc. (León y Pérez, 2003; Graesser, Singer y Trabasso, 1994; McKoon y Ratcliff, 1992). Nosotros adoptamos en este estudio la propuesta de Trabasso y Magliano (1996) surgida en una investigación sobre comprensión de las narraciones. Estos autores propusieron que la forma más sencilla de clasificar las inferencias conscientes provenía de metas básicas de los sujetos como obtener mejor descripción de los personajes, ambientes y sucesos, justificar las acciones, las intenciones y los hechos, predecir acontecimientos futuros en la narración. Por tanto, la taxonomía propuesta por estos autores es la siguiente:

- Asociaciones, cuando la actividad mental se dedica a conocer mejor las entidades mencionadas, por ejemplo mediante características y atributos particulares de objetos y hechos.
- Explicaciones, cuando el sujeto intenta encontrar la cadena causal que justifica las características particulares de los acontecimientos o de los objetos, o las intenciones de las personas.
- Predicciones, cuando la persona que procesa va más allá de lo recogido en el texto y desea adelantar los acontecimientos futuros o las consecuencias posibles en el caso de que las circunstancias fueran diferentes a las expuestas explícitamente.

Estas inferencias se corresponden directamente con competencias científicas básicas como describir en términos apropiados los objetos y fenómenos, explicarlos causalmente y anticipar consecuencias de los hechos, bien en las mismas condiciones, bien en condiciones similares a las explicitadas. Si las ISQ, formuladas durante el intento de comprensión, proceden de inferencias intentadas y no logradas, los tipos de pregunta realizadas deberían ajustarse a la siguiente taxonomía:

T1. Preguntas destinadas a conocer mejor las entidades (objetos, eventos), sus características o propiedades. Sus expresiones esperables son: «¿Qué es X? ¿Cómo es X? ¿Dónde se produce X? ¿Cuándo se produce X?».

T2. Preguntas dirigidas a justificar por qué los objetos y eventos son tal como son. Pueden ser preguntas de antecedente causal, de consecuente, o asociadas a objetivos o intenciones humanas. Sus expresiones serían: «¿Por qué X? ¿Cómo es que X? ¿Para qué X? ¿Qué se pretende con X?».

T3. Preguntas que pretenden anticipar eventos futuros o eventos posibles en circunstancias distintas a las explicadas. Podrían reconocerse por expresiones como: «¿Qué pasará después? ¿Qué pasaría en el caso de que...? Si sucede Y, ¿qué pasaría entonces?».

Esta taxonomía para preguntas ha sido utilizada con éxito antes (Ishiwa et al., 2010; Macías y Maturano, 2005; Maturano y Macías, 2004) en estudios sobre preguntas de estudiantes de secundaria en condiciones de lectura de textos y estudio de dibujos-esquemas sobre fenómenos físicos ordinarios.

Hipótesis

En las diferentes condiciones experimentales y en los distintos niveles educativos las preguntas de investigación son las mismas: ¿Cómo se puede estimular la generación de preguntas por los estudiantes? ¿Las preguntas formuladas proceden realmente de inferencias intentadas y no logradas? En ese caso, ¿encajan las preguntas en la taxonomía asumida? ¿Cómo afecta el conocimiento previo a la formulación de las preguntas? Tras la revisión teórica podemos convertir estas preguntas en las siguientes hipótesis:

H1: Las preguntas de los estudiantes de secundaria, formuladas para intentar comprender el funcionamiento de dispositivos experimentales, procederán de inferencias intentadas y no logradas. Por ello, podrán ser clasificadas según una taxonomía —definida anteriormente— vinculada a los tipos de inferencias propuestos por Trabasso y Magliano (1996).

H2: Los estudiantes de mayor conocimiento previo formularán más preguntas asociadas con la construcción de un modelo científico de los fenómenos presentados en los dispositivos que los de menor conocimiento previo. Si las preguntas son formuladas ante los obstáculos para construir una cierta representación mental, es de esperar que el lenguaje de la pregunta presente indicadores asociados con los diferentes niveles de representación posible (terminología específica). Por ejemplo, no es lo mismo preguntar: «¿Por qué flota un barco de acero?», que preguntar: «¿Cómo se logra que el empuje de Arquímedes sea mayor que el peso del barco?». En el primer caso, la pregunta corresponde con un obstáculo en el intento de representar la situación en el mundo ordinario (crear un modelo de la situación), mientras en el segundo caso el sujeto está intentando crear una representación física del dispositivo (crear el modelo científico). Entonces, esperamos que la cantidad de preguntas dirigidas al modelo científico que los estudiantes formulan crezca con el conocimiento previo.

Para contrastar estas hipótesis realizamos tres estudios exploratorios. Con el fin de obtener todo el espectro posible de preguntas, se consideraron varias de las situaciones más

habituales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: leer textos explicativos sobre los dispositivos experimentales, observar su funcionamiento (sin manipulación) y manipularlos en situación de laboratorio. En el estudio 1 se presentó el funcionamiento de dos dispositivos experimentales de física a los estudiantes (Torres y Sanjosé, 2010 a) en 2 formatos: texto (condición lectura) y observación en el laboratorio (condición observación con manipulación). En el estudio 2 (Torres y Sanjosé, 2010 b) se presentó el funcionamiento de los mismos dispositivos, pero esta vez en los formatos DVD (condición sólo observación) y laboratorio (condición manipulación). Finalmente, en el estudio 3 (Dunque, 2010) se presentaron dos dispositivos experimentales de química a los estudiantes, únicamente en condiciones de Laboratorio (manipulación). El posible efecto de las diferentes formas de presentación de la información (texto, DVD o laboratorio) sobre la distribución de las preguntas se abordará en otro trabajo que está en desarrollo.

Dado que el conocimiento previo puede tener influencia en el tipo de preguntas formuladas, se consideraron dos niveles educativos diferentes dentro de la educación secundaria en los estudios 2 y 3.

METODOLOGÍA

Sujetos. En el estudio 1 participaron 35 estudiantes de 4.º de ESO. En el estudio 2 las muestras las constituyeron 55 alumnos de 4.º de ESO y 47 de 2.º de bachillerato, mientras que en el estudio 3 participaron 31 alumnos de 4.º de ESO y 34 de 2.º de bachillerato. Todos los estudiantes de las muestras pertenecían a grupos naturales en los centros educativos y estaban cursando Física y Química como materia(s) optativa(s). Se trató de muestras de conveniencia a las que se tuvo acceso tras obtener los permisos pertinentes. Por tanto, la validez externa no está garantizada. A pesar de ello, los centros educativos participantes no poseen ninguna característica particular que los distinga de otros situados en ciudades de cierto tamaño, y los estudiantes no sufrieron selección para ser asignados a los grupos naturales.

Materiales. En los 3 estudios se utilizaron dos dispositivos experimentales que tienen la cualidad de provocar perplejidad por su comportamiento contrario a lo esperado. Según Dillon (1990) la perplejidad es una de las causas de preguntas.

Los dispositivos físicos usados en los estudios 1 y 2 fueron:

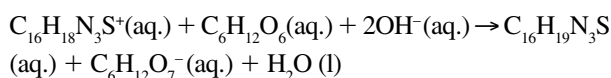
1) *Doble Cono*, que rueda hacia abajo por un plano inclinado formado por dos guías rectas, pero capaz de rodar hacia la parte superior del plano inclinado cuando las dos guías son divergentes (en forma de «V» con el vértice debajo de la rampa). La razón es que la «panza» central del doble cono va cayendo en el hueco entre las guías a medida que éstas se abren (por su forma de «V»), y esa caída es mayor que lo que asciende por la rampa.

2) *Diablillo Cartesiano*, que se hunde cuando se presiona la botella con agua en la que flota, pero vuelve a la

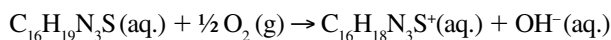
superficie cuando se deja de presionar. Los cambios de volumen que sufre una burbuja de aire en su interior al realizar, o no, sobre-presión con la mano, son los responsables de que se hunda o flote.

En el estudio 3 se utilizaron dos montajes para mostrar fenómenos químicos:

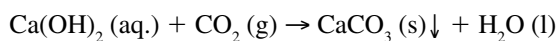
3) *Cambio de color*, por agitación o reposo, de una disolución de azul de metileno en medio básico. Se trata de una botella en donde se mezclan agua, glucosa, hidróxido sódico y unas gotas de azul de metileno. Se tapa la botella y, tras unos segundos, la disolución pasa del azul inicial a incolora. La reacción química correspondiente a la desaparición del color azul por reducción del azul de metileno con glucosa es:



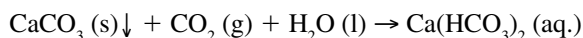
La posterior agitación de la botella conlleva la nueva aparición del color azul por oxidación de la forma reducida del azul de metileno con gas oxígeno (la agitación facilita la disolución del gas oxígeno). La reacción química puede escribirse como:



4) *Formación de una turbidez* (precipitado) y ulterior desaparición de la misma (redisolución del precipitado) al soplar en una disolución incolora de hidróxido de calcio. Cuando se sopla, mediante una pajita o tubo, en una disolución de hidróxido de calcio, aparece una turbidez blanca debida a la formación de un precipitado de carbonato cálcico:



Si se continúa soplando se produce la desaparición de la turbidez blanca como consecuencia de la redisolución del precipitado anterior con la formación de bicarbonato cálcico, esto es:



Variables y Medidas. En todos los casos las variables dependientes fueron las cantidades de preguntas de cada tipo que aparecieron en cada estudio. Las preguntas de los estudiantes se clasificaron según la taxonomía antes explicitada: preguntas tipos T1, T2 y T3. A estos tres tipos de pregunta se pueden añadir las preguntas sobre el procedimiento, T4, que pueden aparecer, sobre todo, en la situación de laboratorio. Su expresión típica es: «¿Cómo se hace? ¿Puedo manipular esto? ¿Cuál es el orden (en que se realizan los pasos para obtener el fenómeno)?». Para validar la clasificación de las preguntas formuladas, en cada experimento dos expertos (un investigador y otro experto externo al trabajo) clasificaron un 50% de las preguntas y se calcularon los coeficientes de concordancia *Kappa*. En el experimento 1 *Kappa* tomó el valor 0,87 y en el experimento 2, 0,79. En uno de los experimentos (experimento 3) el coeficiente

no alcanzó el valor 0,70 en el primer conjunto de preguntas. Entonces se revisaron los criterios utilizados y, tras el acuerdo, se clasificó el otro 50% de las preguntas. *Kappa* alcanzó entonces el valor 0,82.

Para la contrastación de la hipótesis 2, en los estudios 2 y 3 se tomó en consideración el nivel académico de los estudiantes como factor independiente en dos niveles: 4.º de ESO y 2.º de bachillerato.

Además, el objetivo de la tarea fue fijado para todos los estudiantes participantes. De acuerdo con la propuesta de Otero (2009), diferentes metas de procesamiento de la misma información pueden dar lugar a diferentes preguntas, lo cual parece confirmarse empíricamente (Otero, Ishiwa y Sanjosé, 2008).

Procedimiento. El procedimiento para estimular las preguntas se basó en:

a) Confidencialidad al formular preguntas. En la administración grupal, cada estudiante formuló sus preguntas por escrito, y en la administración individual (laboratorio) cada alumno formuló sus preguntas oralmente, pero solamente ante el investigador, sin la presencia de otros estudiantes.

b) Recompensar la formulación de preguntas. En las instrucciones se informó a los estudiantes de que debían comprender bien los dispositivos para explicarlos, en otra sesión, a compañeros que no los conocieran. Después se realizaría una prueba de comprensión. En función del rendimiento en esta prueba, se obtendría una bonificación de hasta 0,5 puntos en la calificación de la asignatura.

c) Estimular la perplejidad. Para ello, el procedimiento seguido ante los dispositivos consistió sistemáticamente en activar primero un esquema explicativo procedente del conocimiento previo y usarlo para explicar un fenómeno bien conocido. Tras ello, se presentaba el evento discrepante, es decir, un fenómeno no esperado a partir de ese mismo esquema mental.

Un aspecto crucial para preservar la validez de los estudios fue obtener únicamente las preguntas destinadas a adquirir información (ISQ) al intentar comprender los dispositivos, y no todas las preguntas posibles o todas las que se les ocurrieran a los estudiantes. Para lograr esto, se informó a los estudiantes de que debían tratar de comprender el funcionamiento de los dispositivos y que podían formular todas las preguntas necesarias para ello. En una sesión posterior se entregarían las respuestas a cada estudiante antes de realizar una prueba de comprensión. Al finalizar el experimento, todos los estudiantes fueron informados a la vez de que la segunda sesión no tendría lugar, pero se respondieron las preguntas más frecuentes formuladas por ellos.

En las condiciones de lectura de textos y de observación en DVD, la administración fue grupal y las preguntas se recogieron por escrito. El tiempo se distribuyó de la siguiente forma: explicación y lectura de las instrucciones: 15 minutos; lectura de los textos/visionado del DVD (dos visionados) y formulación de las preguntas por escrito: 30 minutos. En el laboratorio los estudian-

tes intervinieron individualmente y las preguntas se grabaron en audio. El tiempo empleado por cada estudiante era libre, pero típicamente fue 15-20 minutos.

Los dispositivos se presentaron a los estudiantes en orden contrabalanceado en todas las situaciones (textos, DVD o laboratorio).

RESULTADOS

Distribución de las preguntas obtenidas

La tabla 1 muestra el total y promedios por sujeto de las preguntas formuladas por los estudiantes participantes en cada estudio.

Las desviaciones típicas asociadas con los promedios por sujeto en todos los casos son de valores similares a los valores de dichos promedios. Es decir, hay mucha variabilidad entre las personas que formulan sus preguntas, lo que indica que los factores individuales diferenciales son relevantes (conocimiento previo, control de la propia comprensión, motivación, etc.).

Como se aprecia, el 100% de las preguntas pudieron ser clasificadas como T1, T2, T3 o T4, siendo el porcentaje de preguntas T1, T2 y T3 (preguntas motivadas por obstáculos en la comprensión del fenómeno presentado) muy alto, 95,0%, 96,7% y 95,4% en los experimentos 1, 2 y 3 respectivamente. Las preguntas de tipo T4 (sobre instrucciones o procedimiento) no sobrepasaron el 5% en ningún estudio.

La tabla 2 muestra las preguntas más frecuentes en los tres estudios para cada nivel educativo.

Tabla 1
Número de preguntas de cada tipo, porcentaje y promedio por sujeto en cada experimento.

		T1	T2	T3	T4	Total
Estudio 1 (N = 35)	Número de preguntas/Porcentaje	36/23%	92/59%	20/13%	8/5%	156
	Promedio por sujeto	1,03	2,63	0,57	0,23	4,46
Estudio 2 (N = 102)	Número de preguntas/Porcentaje	125/16,5%	398/53%	208/27,5%	25/3%	756
	Promedio por sujeto	1,23	3,90	2,04	0,25	7,41
Estudio 3 (N = 65)	Número de preguntas/Porcentaje	265/55%	155/32%	40/8%	22/5%	482
	Promedio por sujeto	4,08	2,38	0,62	0,34	7,42

Tabla 2
Preguntas más frecuentes en cada estudio y nivel académico. Los porcentajes se han calculado sobre el total de preguntas por dispositivo.

ESTUDIO 1			
4.º DE ESO	T1	¿Cómo se colocan las guías convergentes?	18%
	T2	¿Por qué sube el doble cono? ¿Por qué se hunde el diablillo cuando aprietas y sube cuando dejas de apretar la botella?	25%
ESTUDIO 2			
4.º DE ESO	T1	Cuando abres el ángulo de las guías, ¿siguen formando un plano inclinado hacia el mismo lado? La abertura de los dos palos ¿tiene un valor concreto?	10%
	T2	¿Cómo es posible que (el doble cono) suba la rampa sin ayuda ? ¿Por qué flota/desciende/asciende el diablillo?	24%
	T3	¿Si los dos palos estuvieran como antes (paralelos) el doble cono subiría? ¿Qué pasa si el ángulo de convergencia de las guías se hace mayor?	16%
2.º DE BACH.	T1	¿Cuánto puede pesar el pedazo de plastilina (del diablillo)? ¿Para qué sirve el alambre (en el diablillo)?	9%
	T2	¿Por qué el diablillo se sumerge y no se queda en la profundidad? ¿Cómo es posible que el doble cono suba?	19%
	T3	¿Qué pasa si esto se hace en una botella sin tapa? Si no se llena hasta la parte superior, ¿qué le pasa al diablillo? ¿Y si usamos otra sustancia y no agua?	20%
		Si las guías se abren más, ¿también rodaría (hacia arriba) el doble cono?	18%
ESTUDIO 3			
4.º DE ESO	T1	¿Qué sustancias o reactivos son? ¿En qué cantidad hay que mezclar el reactivo? Entonces, ¿este resultado viene de estas dos mezclas y el indicador?	27%
	T2	¿Por qué se va el color y luego lo vuelves a mover y vuelve el color? ¿Por qué se hace blanca otra vez? ¿Por qué al moverlo no, pero al soplarlo sí cambia?	25%
	T3	Si se mueve otra vez, ¿se vuelve azul? Y ahora, ¿se volverá transparente otra vez?	8%
2.º DE BACH.	T1	Me gustaría saber qué sustancias o compuestos son esos ¿Ahí ya están mezclados las sustancias y el indicador?	19%
	T2	¿Por qué cuando lo agitamos vuelve a cambiar de color?	12%

Influencia del nivel de conocimientos

La tabla 3 muestra los promedios de preguntas para los sujetos de 4.º de ESO y 2.º de bachillerato en los experimentos 2 y 3, así como la significación de las diferencias entre las medias de ambos cursos (pruebas t-Student).

Tabla 3
Promedios y diferencias entre niveles de conocimiento para las preguntas de cada tipo

	NIVEL	T1	T2	T3	TOTAL
Estudio 2	4.º de ESO	1,04	3,60	1,27	5,91
	2.º de Bach.	1,45	4,26	2,94	8,64
	Sig.	0,185	0,320	0,000	0,005
Estudio 3	4.º de ESO	3,29	2,35	0,68	6,48
	2.º de Bach.	4,79	2,41	0,56	8,26
	Sig.	0,018	0,884	0,597	0,035

Los estudiantes con mayor conocimiento formulan más preguntas en promedio que los de menor conocimiento, como se esperaba; los alumnos de 2.º de Bachiller detectan más obstáculos de comprensión y más «contradicciones» que los de 4.º de ESO. Sin embargo las diferencias no son significativas salvo en el total de preguntas formuladas, en T3 en el estudio 2 y en T1 en el estudio 3. Los estudiantes de mayor conocimiento previo no solo formulan más preguntas, sino que las formulan de modo diferente, haciendo alusión en ellas a más términos científicos que los de menor conocimiento previo. La tabla 4 muestra los promedios por sujeto y porcentajes de preguntas dirigidas al modelo científico, es decir, de las preguntas que contenían al menos un término científico en su formulación.

Tabla 4
Cantidades, porcentajes respecto del total de preguntas formuladas y promedios por sujeto de preguntas dirigidas al modelo científico. Significación de la prueba t-Student para las diferencias entre niveles.

	NÚM. (%)	NIVELES	PROMEDIOS
Estudio 1	35 (22,4%)	Global (4.º de ESO sólo)	1,00
		Global	1,54
Estudio 2	157 (21,5%)	4.º de ESO	0,96
		2.º de Bach.	2,21
		Sig.	0,001
Estudio 3	220 (45,6%)	Global	3,39
		4.º de ESO	2,45
		2.º de Bach.	4,24
		Sig.	0,001

Como se aprecia en la tabla 4, los promedios de preguntas conteniendo al menos un término científico en los experimentos 2 y 3 son significativamente diferentes entre

ambos niveles educativos. Los términos que con más frecuencia se mencionaron se recogen en la tabla 5.

Tabla 5
Términos científicos utilizados con mayor frecuencia en las preguntas de los alumnos de 4.º de ESO y 2.º de bachillerato.

	NIVEL	LOS 10 TÉRMINOS CIENTÍFICOS MÁS USADOS EN ORDEN DECRECIENTE DE FRECUENCIA
Estudio 2	4.º de ESO	Presión, Flotabilidad-Flotación, Fuerza, Gravedad, Peso, Densidad, Rapidez, Empuje, Volumen, Impulso
	2.º de Bach.	Presión, Fuerza, Peso, Volumen, Velocidad, Flotabilidad-Flotación, Rapidez, Masa, Gravedad, Densidad
Estudio 3	4.º de ESO	Sustancia, Indicador, Reactivo, Disolución, Indicador de pH, Calcio, Calor, Compuesto, Moléculas, Densidad
	2.º de Bach.	Sustancia, Indicador, Reacción, Compuesto, Reactivo, Sólido, Concentración, Papel filtro, Calor, Disolución

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En primer lugar, los estudiantes de secundaria de las muestras realizaron un número de preguntas considerable (entre 4,5 y 7,5 preguntas por estudiante en 10-20 minutos aproximadamente) ante los dispositivos experimentales en las situaciones particulares en que éstos se presentaron, a diferencia del promedio de 1 pregunta por estudiante cada 6-7 horas de clase en situaciones ordinarias de aula, reportado por Graesser y Person (1994) y concordante con estudios previos (Dillon, 1988; Good et al., 1987). Ello replica otros hallazgos anteriores: cuando la situación lo favorece, los estudiantes son capaces de realizar muchas preguntas destinadas a obtener información (Roca, 2009; Costa et al., 2000; Graesser y Person, 1994).

En nuestros tres estudios, procuramos estimular la generación de preguntas mediante el uso de varias estrategias. Una de ellas fue la creación de un estado de perplejidad en los estudiantes, que se ha mostrado eficiente tal como afirmó Dillon (1990). Nuestros dispositivos experimentales presentaron siempre eventos inesperados para los estudiantes, o contrarios a su intuición. Otra estrategia fue elegir situaciones particulares en las que se evitara la posibilidad de ser escuchado ni enjuiciado por otros compañeros/as. Ello evitó la inhibición psicosocial de la formulación de preguntas. Por último, la formulación de preguntas, y no su respuesta, fue presentada como algo útil, y luego premiada en forma de una bonificación en la calificación de la asignatura (de acuerdo con los/las respectivos/as profesores/as).

Nuestro segundo objetivo era probar una determinada taxonomía para las preguntas, basada en su origen como inferencias fallidas. En las variadas condiciones experimentales de nuestros 3 estudios, se logró clasificar la

gran cantidad de preguntas formuladas según la taxonomía que se deriva de la clasificación de inferencias propuesta por Trabasso y Magliano (1996). El sistema de clasificación de preguntas obtuvo un buen nivel de fiabilidad, ya que los coeficientes Kappa de Cohen se situaron entre 0,79 y 0,87 en los tres estudios. El porcentaje de preguntas que no estuvieron destinadas propiamente a obtener información sobre los fenómenos implicados en los dispositivos experimentales se refirieron a las instrucciones o al procedimiento que los estudiantes debían seguir en las pruebas, y siempre supusieron menos del 5% de todas las preguntas. Los resultados obtenidos se replicaron en los 3 estudios realizados y ello apoya la hipótesis H1. También Ishiwa, Macías, Maturano y Otero (2010) lograron clasificar del mismo modo las preguntas que los estudiantes formularon ante fenómenos físicos en condiciones de lectura de textos y estudio de dibujos esquemáticos. La taxonomía utilizada recibe así validación externa.

En tercer lugar, el análisis posterior de las diferencias en el número y tipo de preguntas formuladas por estudiantes de secundaria de diferente nivel académico muestra los resultados previsibles: los estudiantes de 2.º de bachillerato realizaron más preguntas que los de 4.º de ESO y, lo que es más importante, formularon significativamente más preguntas dirigidas a la construcción de un modelo científico de los fenómenos implicados en los dispositivos experimentales físicos o químicos. Los resultados se replican en los dos estudios en los que intervinieron estudiantes de estos dos niveles académicos. Que un mayor conocimiento previo dé lugar a más preguntas está de acuerdo con la teoría sobre generación de preguntas de Flammer (1981) y los resultados obtenidos por Miyake y Norman (1979) y, desde luego, con la constatación de muchos profesores en sus aulas. La hipótesis H2 queda también apoyada en los límites de nuestro trabajo: el nivel de conocimiento científico es importante a la hora de intentar construir un modelo científico de los eventos presentados.

Como análisis adicional, las diferencias en la distribución de las preguntas formuladas ante los dispositivos de física y los de química fueron inesperadas y serán analizadas en un trabajo posterior. También hubo algunas diferencias en el vocabulario científico que los estudiantes de 4.º de ESO y de 2.º de bachillerato utilizaron en cada estudio. En el estudio 2 fue muy limitado, con pocas diferencias entre ambos niveles educativos. No fueron utilizados con la frecuencia esperada términos como energía (aumento o disminución, cinética, potencial), centro de gravedad o el principio de Arquímedes, que acuden a la mente de un experto. En el estudio 3, los sujetos sí usaron el vocabulario específico esperado para referirse a los objetos y eventos implicados (sustancias, reactivos,

indicador de PH, concentración). Es posible que los fenómenos no habituales en la vida diaria, como son los del estudio 3, activen necesariamente una representación modelo científico de la información, a diferencia de los fenómenos mecánicos del estudio 2, que forman parte de la experiencia cotidiana (sólidos, líquidos, ascenso, descenso, rotación, flotación, etc.) y activan de inmediato esquemas explicativos en términos no abstractos (modelo de la situación).

Las consecuencias que pueden derivarse, con la prudencia que exigen las limitaciones de este trabajo, son las siguientes:

Si se desea acercar el aprendizaje al trabajo que realizan los científicos, convendría prestar atención y estimular la generación de preguntas destinadas a lograr información necesaria para comprender la ciencia. Las estrategias usadas por nosotros se han mostrado efectivas para ello.

Parece que la mayoría de los obstáculos de comprensión que suscitan preguntas en los estudiantes proceden de inferencias intentadas y no logradas. Estas inferencias se realizan para intentar conocer mejor las entidades (objetos y eventos), justificarlas (causalmente) o anticiparlas, lo que se corresponde también con competencias científicas que los profesores desean desarrollar en sus estudiantes: describir la materia y fenómenos, encontrar causas cada vez más generales, que pueden llegar a ser leyes, y predecir sucesos a partir de esa causalidad (de leyes). Si se disponen las condiciones adecuadas, los dispositivos experimentales son capaces de suscitar un importante trabajo cognitivo (las inferencias) y metacognitivo (control de la comprensión) en los estudiantes de secundaria. Uno de los resultados de ese trabajo son las preguntas formuladas por los propios estudiantes, que podrían utilizarse como inicio de un aprendizaje por investigación bien motivado.

El modo en que cada alumno formula sus preguntas es un buen indicador de qué tipo de esquemas conceptuales activa en su memoria y cuál es su contenido. Es labor de los profesores ayudar a los estudiantes a realizar la transición desde una representación modelo de la situación (Kintsch, 1998), basada en objetos y hechos en términos del mundo ordinario, a una representación modelo científico (Greeno, 1989; Gangoso, 2004), basada en modelos sobre la materia y en fenómenos utilizando términos abstractos como conceptos, leyes y principios científicos. Hemos encontrado que, cuanto más cercanos a la experiencia cotidiana son los fenómenos, más fácilmente se activan esquemas explicativos no científicos. Los fenómenos cotidianos, contrariamente a lo que se piensa, podrían añadir dificultades para alcanzar las metas de aprendizaje en ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, P.A., JETTON, T.L., KULIKOWICH, J.M. y WOHLER, C.A. (1994). Contrasting instructional and structural importance: the seductive effect of teacher questions. *Journal of Reading Behaviour*, 26(1), pp. 19-42.
- BAKER, L. (1979). Comprehension monitoring: Identifying and coping with text confusions. *Journal of Reading Behavior*, 11, pp. 363-374.
- BAKER, L. (1985). How do we know when we don't understand? Standards for evaluating text comprehension, en Forrest-Pressley, D.L., Mackinnon, G.E. y Waller, T.G. (eds.). *Metacognition, cognition and human performance*, pp. 155-205. Nueva York: Academic Press.
- BELLACK, A.A., KLIEBARD, H.M., HYMAN, R.T. y SMITH, F.L. (1966). *The Language of the Classroom*. Nueva York: Teachers College Press.
- BERLYNE, D.E. y FROMMER, F.D. (1966). Some determinants of the incidence and content of children's questions. *Child Development*, 38, pp. 177-187.
- CAMPANARIO, J.M., GARCÍA-ARISTA, E., OTERO, J., PATRICIO, A., COSTA, E., PRATA PINA, E.M., CALDEIRA, M.H. y THOMAZ, M.F. (1994). En qué medida o control da compreensão ajuda a melhorar o rendimento académico? 4.º Encontro Ibérico para o Ensino da Física. Covilha, Portugal, pp. 19-23 September.
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, pp. 155-169.
- CHIN, C., BROWN, D.E. y BRUCE, B.C. (2002). Student-generated question: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), pp. 521-549.
- CIARDIELLO, A.V. (1998). Did you ask a good question today? Alternative cognitive and metacognitive strategies. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 42, pp. 210-219.
- COSTA, J., CALDEIRA, M.H. y GALLÁSTEGUI y OTERO, J. (2000). An analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, pp. 602-614.
- CRAIG, S. D., GHOLSON, B., VENTURA, M., GRAESSER, A. C. y THE TUTORING RESEARCH GROUP. (2000). Overhearing dialogues and monologues in virtual tutoring sessions: Effects on questioning and vicarious learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, pp. 242-253.
- DAVEY, B. y MCBRIDE, S. (1986). Effects of question generation on reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 78, pp. 256-262.
- DILLON, J.T. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20, pp. 197-210.
- DILLON, J.T. (1990). *The practice of questioning*. Nueva York: Routledge.
- DUQUE, K.J. (2010). *Las preguntas de los estudiantes ante dispositivos experimentales*. Trabajo fin de Máster. Máster Universitario en Investigación en Didácticas Específicas, Universitat de València.
- DURKIN, D. (1978-1979). What classroom observation reveal about reading comprehension instruction. *Reading Research Quarterly*, 14, pp. 481-533.
- FLAMMER, A. (1981). Towards a theory of question asking. *Psychological Research*, 43, pp. 407-420.
- GANGOSO, Z. (2004). Un modelo para el proceso de resolución de Problemas en Física. *Actas II Jornadas de Investigación en Resolución de Problemas en Física*. Córdoba (Argentina).
- GAVELEK, J.R. y RAPHAEL, T.E. (1985). Metacognition, instruction, and the role of questioning activities, en D.L. Forrest-Pressley, G.E. Mackinnon y T.G. Waller (eds.). *Metacognition, cognition and human performance*, 2, pp. 103-136. Orlando, FL: Academic Press.
- GLENBERG, A.M. y EPSTEIN, W. (1985). Calibration of comprehension. *Journal of Experimental Psychology*, 11, pp. 702-718.
- GOOD, T.L., SLAVINGS, R.L., HAREL, K.H. y EMERSON, M. (1987). Students' passivity: A study of question asking in K-12 classrooms. *Sociology of Education*, 60, pp. 181-199.
- GRAESSER, A.C. y PERSON, N.K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, pp. 104-137.
- GRAESSER, A.C., McMAHEN, C.L. y JOHNSON, B.K. (1994). Question Asking and Answering, en M. Gernsbacher (ed.). *Handbook of Psycholinguistics*, pp. 517-538. Nueva York: Academic Press.
- GRAESSER, A.C. y OLDE, B. (2003). How Does One Know Whether A Person Understands a Device? The Quality of the Questions the Person Asks When the Device Breaks Down. *Journal of Educational Psychology*, 95, pp. 524-536.
- GRAESSER, A., SINGER, M. y TRABASSO, T. (1994). «Constructing inferences during text comprehension», *Psychological Review*, 101(3), pp. 371-395.
- GRAESSER, A.C. y ZWAAN, R.A. (1995). Inference generation and the construction of situation models, en Weaver, C.A., Mannes, S. y Fletcher, C.R. (eds.). *Discourse comprehension: Strategies and processing revisited. Essays in honor of Walter Kintsch*, pp. 117-139. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- GREENO, J.G. (1989). Situations, Mental Models, and Generative Knowledge, en Klahr, D. y Kotovsky, K. (eds.). *Complex Information Processing: The Impact of Herbert Simon*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 285-318.
- ISHIWA, K., MACÍAS, A., MATURANO, C. y OTERO, J. (2010). Generation of information-seeking questions when reading science texts for understanding. Manuscrito pendiente de revisión.
- KERRY, T. (1987). Classroom questions in England. *Questioning Exchange*, 1, pp. 32-33.
- KING, A. (1989). Effects of self-questioning training on col-

- lege students» comprehension of lectures. *Contemporary Educational Psychology*, 14, pp. 366-381.
- KING, A. (1992). Comparison of self-questioning, summarizing, and notetaking review as strategies for learning from lectures. *American Educational Research Journal*, 29, pp. 303-323.
- KING, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31, pp. 338-368.
- KINTSCH W. y VAN DIJK, T.A. (1978). Towards a Model of Text Comprehension and Production. *Psychological Review*, 85, pp. 363-394.
- KINTSCH, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge University Press, Cambridge UK.
- LAFRANCE, M. (1992). Questioning Knowledge Acquisition, en Lauer, T., Peacock, E. y Graesser, A.C. (eds.). *Questions and Information Systems*, pp. 11-28. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- LEÓN, J. A. y PÉREZ, O. (2003). Taxonomías y tipos de inferencias, en León, J.A. (ed.). *Conocimiento y discurso. Claves para inferir y comprender*, pp. 45-65. Madrid: Pirámide.
- MACÍAS, A. y MATURANO, C. (2005). Las representaciones mentales de los estudiantes a partir de un texto y de una ilustración referidas a un mismo fenómeno físico. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Granada (España).
- MARKMAN, E.M. (1979). Realizing that you don't understand: Elementary school children's awareness of inconsistencies. *Child Development*, 50, pp. 643-655.
- MATURANO, C. y MACÍAS, A. (2004). Las preguntas formuladas por los alumnos muestran la falta de comprensión cuando leen textos de física. *VII Simposio de Investigadores en Educación en Física*, La Pampa (Argentina).
- McKON, G. y RATCLIFF, R. (1992). «Inference during reading», *Psychological Review*, 99(3), pp. 440-466.
- MIYAKE, N. y NORMAN, D.A. (1979). To ask a question one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, pp. 357-364.
- OTERO, J. (1996). Components of comprehension monitoring in the acquisition of knowledge from science texts, en Fisher, K.M. y Kibby, M.R. (eds.). *Knowledge Acquisition Organization and Use in Biology*, pp. 36-43. Berlin: NATO-Springer Verlag.
- OTERO, J. (2009). Question Generation and Anomaly Detection in Texts, en Hacker, D., Dunlosky, J. y Graesser, A. (eds.). *Handbook of Metacognition in Education*, pp. 47-59. Nueva York: Routledge.
- OTERO, J. y CAMPANARIO, J.M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 447-460.
- OTERO, J., CAMPANARIO, J.M., y HOPKINS, K. (1992). The relationship between academic achievement and metacognitive comprehension monitoring ability of Spanish secondary school students. *Educational and Psychological Measurement*, 52, pp. 419-430.
- OTERO, J. y GRAESSER, A.C. (2001). PREG: Elements of a model of question asking. *Cognition and Instruction*, 19, pp. 143-175.
- OTERO, J., ISHIWA, K. y SANJOSÉ, V. (2008). *Reader's Questioning: Some Hints for Automated Question Generation*. Workshop on the Question Generation Shared Task and Evaluation Challenge. September 25-26, NSF, Arlington, VA.
- PALINCSAR, A. S. y BROWN, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, pp. 117-175.
- RAM, A. (1991). A Theory of Questions and Question Asking. *The Journal of the Learning Sciences*, 1, pp. 273-318.
- RAPHAEL, T.E. y WONNACOTT, C.A. (1985). Heightening fourth grade students' sensitivity to sources of information for answering comprehension questions. *Reading Research Quarterly*, 20, pp. 282-296.
- ROCA, M. (2009). Las preguntas de los alumnos, análisis de su aportación al aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 328-333, <<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-328-333.pdf>>.
- ROSENSHINE, B., MEISTER, C. y CHAPMAN, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of Educational Research*, 66, pp. 181-221.
- SANJOSÉ, V. (2010). Las preguntas de los estudiantes en las clases de ciencias, en Caballero, C., Moreira, M.A. y Meneses, J. (coordinadores), *III Encuentro Internacional sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, pp 31-61. Burgos: Servicio de publicaciones de la Universidad de Burgos.
- SANJOSÉ, V., FERNÁNDEZ-RIVERA, J.J. y VIDAL-ABARCA, E. (2010). Importancia de las destrezas de procesamiento de la información en la comprensión de textos científicos. *Infancia y Aprendizaje*, 33(4), pp. 529-541.
- SINGER, H., y DONLAN, D. (1982). Active comprehension: Problem-solving schema with question generation for comprehension of complex stories. *Reading Research Quarterly*, 17, pp. 166-186.
- TORRES, T. y SANJOSÉ, V. (2010a). *Preguntas de los estudiantes ante dispositivos científicos*. Proceedings of the II Congreso Internacional de Didácticas, pp 169, Girona (España) <<http://www.udg.edu/LinkClick.aspx?fileticket=m91%2bH%2fhkBW0%3d&tabid=12826&language=ca-ES>>.
- TORRES, T. y SANJOSÉ, V. (2010b). *Las preguntas de los estudiantes en condiciones de lectura, observación y manipulación de dispositivos científicos*. Proceedings of the XXIV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, pp. 543- 549, Baeza (España).
- TRABASSO, T. y MAGLIANO, J.P. (1996). Conscious Understanding During Comprehension. *Discourse Processes*, 21, pp. 255-287.
- UNESCO (1980). *UNESCO Handbook for Science Teachers* (Paris, UNESCO/Londres: Heinemann).
- VAN DER MEIJ, H. (1990). Question Asking: To Know That

- You Do Not Know Is Not Enough. *Journal of Educational Psychology*, 82, pp. 505-512.
- VAN DER MEIJ, H. (1994). Student Questioning: A Componential Analysis. *Learning and Individual Differences*, 6, pp. 137-16.
- VAN DIJK, T.A. y KINTSCH, W. (1983). *Strategies of Discourse Comprehension*. Nueva York: Academic Press.
- ZABRUCKY, K. y RATNER, H.H. (1986). Children's comprehension monitoring and recall of inconsistent stories. *Child Development*, 57, pp. 1401-1418.
- ZABRUCKY, K. y RATNER, H.H. (1989). Effects of reading ability on children's comprehension evaluation and regulation. *Journal of Reading Behavior*, 21, pp. 69-83.
- ZABRUCKY, K. y RATNER, H.H. (1992). Effects of passage type on comprehension monitoring and recall in good and poor readers. *Journal of Reading Behavior*, 24, pp. 373-391.

[Artículo recibido en abril de 2010 y aceptado en marzo de 2011]

Secondary Education Students' Questions on Experimental Devices

TORRES, TARCILO¹; DUQUE, JOHANNA¹; ISHIWA, KOTO²; SÁNCHEZ, GLORIA³; SOLAZ-PORTOLÉS, JUAN JOSÉ³; y SANJOSÉ, VICENTE⁴

¹ Estudiante de doctorado en la Universitat de Valencia.

² Estudiante de doctorado en la Universidad de Alcalá de Henares.

³ Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.

⁴ Instituto Universitario-Polibienestar, Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.

tartova@alumni.uv.es

kellyjohannad@gmail.com

ishiwakoto@hotmail.com

gloria.sanchez@uv.es

joan.solaz@uv.es

vicente.sanjose@uv.es

Summary

Introduction

Training students to ask questions will improve their comprehension, learning and memory (Roca, 2009; Rosenshine, Meister and Chapman, 1996). Nevertheless, students ask very few questions in usual classroom situations (Dillon, 1988). What kind of questions have to be asked to stimulate the classroom? Information seeking questions (ISQ) have been selected by many authors as 'prototypical' or 'genuine' (Otero and Graesser, 2001; Van der Meij, 1994; Flammer, 1981). Here we describe three empirical studies conducted with students of different educational levels facing experimental devices in different conditions. The aims were: 1) To stimulate and to analyse the questions asked by students when they try to understand the devices; 2) To probe that most of the ISQ are originated by failed inferences; 3) To study the influence of the level of students' knowledge on ISQ.

Under the assumption of ISQ came from failed inferences, we adapted the taxonomy of inferences proposed by Trabasso and Magliano (1996) to ISQ:

T1: Questions addressed to better know the entities (objects or events). The usual expressions are "What, When, Where...?".

T2: Addressed to justify objects or events (causality) and usually expressed as "Why" questions.

T3: Addressed to anticipate future events, consequences or what would happen if things were different.

Method

In study 1 the students read about physics devices; in study 2 students watched or manipulated the same physics devices; in study 3 students watched and manipulated chemical devices.

Subjects: Study 1: 35 10th grade students of both sexes participated. Study 2: 55 10th grade and 47 12th grade

students. Study 3: 31 10th grade and 34 12th grade students.

Materials: Two physics devices in studies 1 and 2, and two chemical devices in study 3, provoking perplexity in the students. The physics devices were: a) A double-cone rolling upwards on a «V-shape» slope; b) The 'Cartesian diver'. The chemical devices were: c) A dissolution of water, glucose, sodium hydroxide and methylene blue which change from blue to colorless but returns to blue shaking the bottle; d) A «cloudiness» appearing when we blow inside a dissolution of calcium hydroxide, but disappearing if we continue blowing.

Variables and Measurements: In the three studies the independent variables were the amount of ISQ of every kind asked by students. In studies 2 and 3 we took into account the academic level of participants: 10th and 12th grades.

Procedure: We stimulated students to ask questions by means of: a) Students' privacy in question asking; b) Rewarding the effort asking questions; c) Creating perplexity with the devices operation; d) Setting one goal for the task: understanding for explaining.

Results and Discussion

The procedure and strategies used produced a significant amount of ISQ. The averages per student were: study 1: 4.46 questions; study 2: 7.41 and study 3: 7.42. These considerable amounts can be compared to 1 question in 6-7 hours reported by Graesser and Person (1994).

Over 95% of questions could be classified as T1, T2 or T3 according to the taxonomy proposed. Hence the taxonomy for questions seems appropriate and so, most of the comprehension obstacles in science seem to come from failed inferences.

As expected, 12th grade students asked a significant higher average of questions and a significant higher average of questions including scientific vocabulary for laws, principles or concepts.